

## Capítulo 4

# Princípios de nutrição e adubação de flores e plantas ornamentais tropicais

Jorge Federico Orellana Segovia

## Introdução

Em grande parte, o suporte da vida no planeta Terra é dado no processo fundamental da fotossíntese, com a formação das mais diversas substâncias orgânicas que servem de base à sustentação da maior parte das cadeias alimentares.

Assim, se presume que o metabolismo das plantas depende do suprimento de substâncias químicas e da transformação de energia radiante em energia química armazenada nas ligações de compostos orgânicos, utilizada na síntese de diversos componentes necessários aos processos físico-químicos que ocorrem nas células, tecidos e órgãos, fundamentais ao crescimento e ao desenvolvimento de raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes.

As plantas absorvem nutrientes por meio de numerosos pelos absorventes existentes nas raízes jovens, as quais se renovam continuamente. Esses pelos segregam solventes orgânicos como ácido cítrico e ácido málico, os quais contribuem na solubilização de compostos pouco solúveis, como fosfatos e carbonatos.

Entre os 16 elementos essenciais existentes no ambiente para as plantas, existem aqueles que são fornecidos pelo ar (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio) e a água (hidrogênio e oxigênio), enquanto os 13 restantes são aportados pelo solo. Esses elementos nutritivos fornecidos pelo solo classificam-se em macro e em microelementos, dependendo da necessidade das plantas em absorver grandes ou pequenas quantidades desses nutrientes.

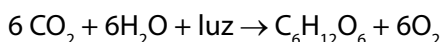
Como elementos relevantes à nutrição vegetal, destacam-se o nitrogênio (N),

o fósforo (P), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S).

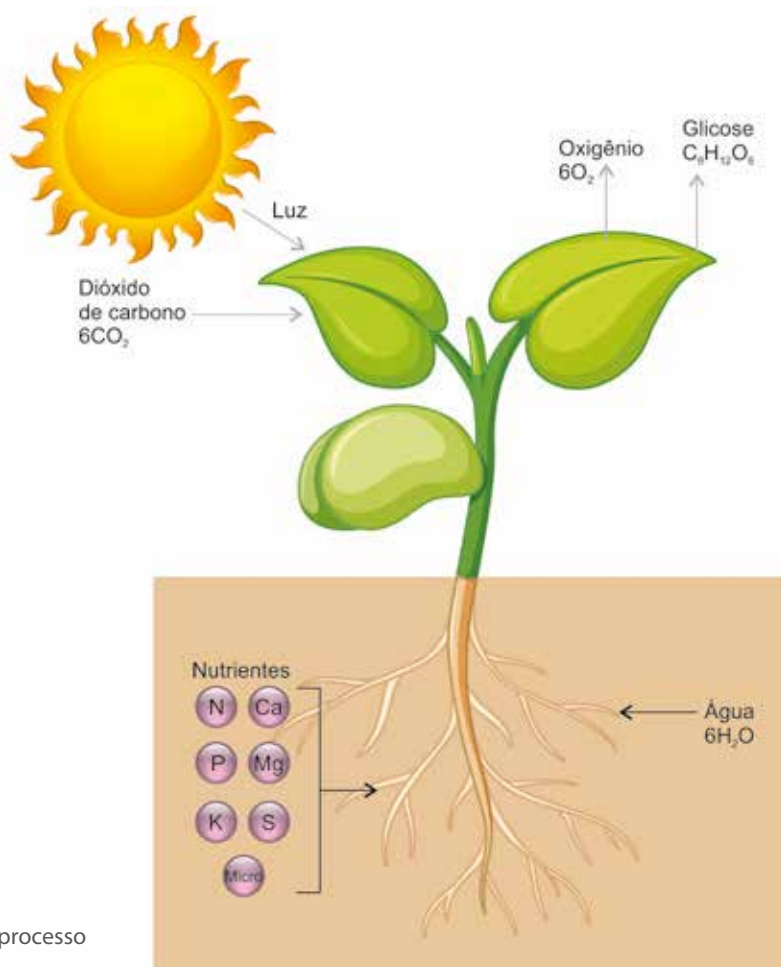
Deve-se ter em mente que a presença de uma quantidade suficiente de elementos nutritivos no solo não garante por si mesma uma nutrição adequada das plantas, pois esses elementos devem encontrar-se em formas assimiláveis à vegetação, as quais permitam manifestar o máximo desenvolvimento da vegetação. Entre esses nutrientes, podem-se selecionar as formas mais solúveis de elementos essenciais, como N, P e K, assim como elementos secundários, como Ca, Mg e S.

## Fotossíntese

Nesse processo de fotossíntese, mostrado na Figura 1, as plantas combinam o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e a energia da luz solar, transformando-se em glicose, promovendo liberação de oxigênio (O). O processo é representado pela seguinte equação:



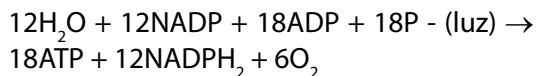
Portanto, as plantas necessitam de água e de gás carbônico para seu crescimento e desenvolvimento, podendo sintetizar diver-



**Figura 1.** Esquematização do processo de fotossíntese.

sos compostos. Nesse processo, as plantas também precisam da ação do N, do ar e dos diferentes minerais contidos no solo, como N, P, K, Ca, Mg, S, boro (B), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

No processo fotossintético, a energia solar é transferida através de várias substâncias presentes nos cloroplastos que contêm clorofila, formando uma cadeia de transporte de elétrons, os quais vão liberando energia gradativamente. Essa energia é aproveitada para transportar hidrogênio (H) iônico de fora para dentro do cloroplasto, formando-se um fluxo de energia mecânica rotatória, a qual gira internamente, promovendo a formação de um composto fosfatado (fosforilação), a partir do composto denominado adenosina difosfato. Finalmente, no metabolismo das plantas, acumula-se a energia proveniente da luz solar, formando o composto denominado adenosina tri-fosfato, o ATP.



Posteriormente, a planta consome a energia armazenada para seu crescimento, assim como para sintetizar diversos fotossintatos, como os carboidratos (açúcares e amidos), os lipídios (óleos, gorduras e ceras), os aminoácidos, as proteínas, as vitaminas e os hormônios.

## Respiração

As plantas obtêm energia para seus processos metabólicos da respiração, a qual consiste num conjunto de transformações químicas que ocorrem nos organismos vivos, em que o oxigênio é absorvido pelas células e usado na oxidação de moléculas orgânicas (combustão dos alimentos), re-

sultando na liberação de energia para outros processos metabólicos e na eliminação de dióxido de carbono e água.

Durante a respiração fisiológica das plantas, a reação química entre as substâncias combustíveis com oxigênio, como carboidratos, lipídios ou proteínas, é controlada ao longo de uma cadeia de enzimas que controlam parte da oxidação total. Aqui, uma pequena porção de energia transforma-se em calor, mas a maior parte é aproveitada no aumento da capacidade de crescimento e no desenvolvimento delas.

## Nutrição de plantas

A fertilidade de um solo pode ser avaliada pela riqueza de nutrientes que possui e pela capacidade de produção dos cultivos.

Os nutrientes podem ser de dois tipos: os macronutrientes e os micronutrientes. A diferença principal entre eles está na quantidade com que são absorvidos pelos vegetais. Geralmente, considera-se que tanto os macro como os micronutrientes apresentam sua essencialidade para que as principais funções celulares ocorram.

### Macronutrientes

Macronutrientes são os diversos elementos químicos que um vegetal necessita absorver, em grande quantidade, para sobreviver e desenvolver-se. Entre eles há os não minerais como carbono (C), H e O, e os minerais como N, P, K, Ca, Mg e S (Houaiss; Villar, 2001).

### Micronutrientes

Micronutrientes são os diversos elementos químicos que um ser vivo necessita absorver em pequena quantidade para sobrevi-

ver e desenvolver-se, como o B, ferro (Fe), Mo, cobre (Cu) e Zn (Houaiss; Villar, 2001).

## Funções dos nutrientes nas plantas

A seguir, serão mostradas as funções individuais dos principais nutrientes e os sintomas ou efeitos visuais de sua carência, bem como as principais fontes desses nutrientes.

### Nitrogênio

Este elemento é assimilado pelas plantas como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), ureia  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$  e como amônia ( $\text{NH}_3^+$ ). Faz parte da composição (90%) de diversos aminoácidos e proteínas, em especial das bases purínicas e pirimídicas da estrutura do DNA (Figura 2), estimulando o crescimento de diferentes órgãos (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

Na formação do DNA, as bases nitrogenadas, tanto purínicas (adenina e guanina) quanto pirimídicas (citosina e timina) unidas por

pontes de H, se sustentam sobre uma dupla hélice formada pelo açúcar desoxirribose e o ácido fosfórico.

O N promove a formação de muitas enzimas e da molécula de clorofila (Figura 3), essencial no processo da fotossíntese. O N também é componente de diversas vitaminas como a biotina, tiamina, niacina e a riboflavina (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

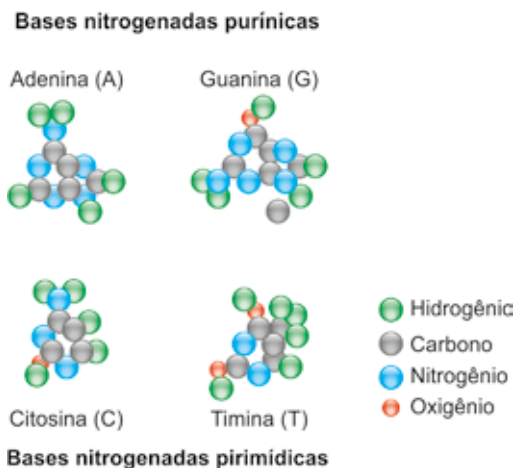
As plantas deficientes em N apresentam clorose ou amarelecimento pela deficiência na formação de clorofila (Figuras 4 e 5).

Em brássicas, os sintomas de deficiência de N caracterizam-se por tonalidades amarelas e púrpura nas folhas velhas e nas nervuras, e pecíolos rosados.

Quando se utiliza matéria orgânica (esterco, composto ou serragem) que não esteja decomposta, seja na adubação, seja na cobertura morta, e não se faz a devida aplicação de N nas plantas, pode ocorrer clorose induzida, em decorrência da competição por N entre as bactérias nitrificantes e as plantas, conduzindo a uma clorose característica da deficiência desse elemento nas plantas.

A adubação com N pode ser aplicada com os seguintes produtos comerciais:

- Sulfato de amônio  
21% de N amoniacal.
- Ureia  
45% de N amídico.
- Salitre do chile  
16% de N nítrico.
- Nitrato de amônio  
16% de N nítrico e 17% de N amoniacal.



**Figura 2.** Esquematisação das bases nitrogenadas que formam o DNA.

- Nitrato de cálcio  
13% de N nítrico.
- Esterco de gado  
1,7% de N amoniacal.
- Cama de aviário  
3% de N amoniacal.

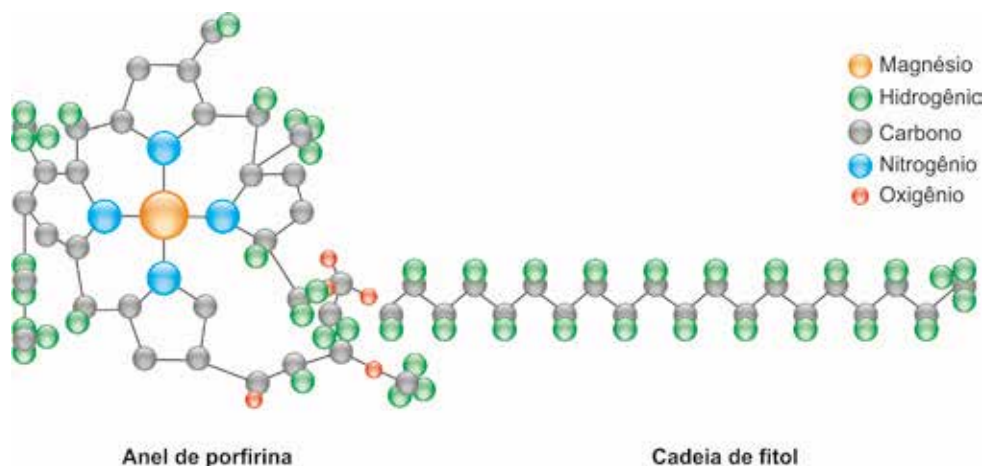
Adubos indicados para uso em fertirrigação:

- Nitrato de cálcio  
14,5% de N nítrico e 1% de N amoniacal.
- Nitromag  
13% N nítrico e 13% amoniacal.
- Nitrato de magnésio  
11% de N nítrico.
- MAP  
11% de N amoniacal.
- Magnum – P44  
18% de N amídico.
- FertiCare  
13% de N nítrico.

As bactérias contribuem na captação e na transformação do N amoniacal em N nítrico (nitrificação). Entre as bactérias fixadoras de N, tem-se o *Rhizobium*, vivendo em simbiose com espécies leguminosas, fixando o N nos nódulos de suas raízes (Figura 6). A simbiose entre essas duas espécies pode ser utilizada para cultivo em aleias, tanto em jardins e parques como nos cultivos silviculturais de associação de espécies ornamentais anuais e arbóreas para corte e formação de cobertura morta ou adubação verde.

### Fósforo

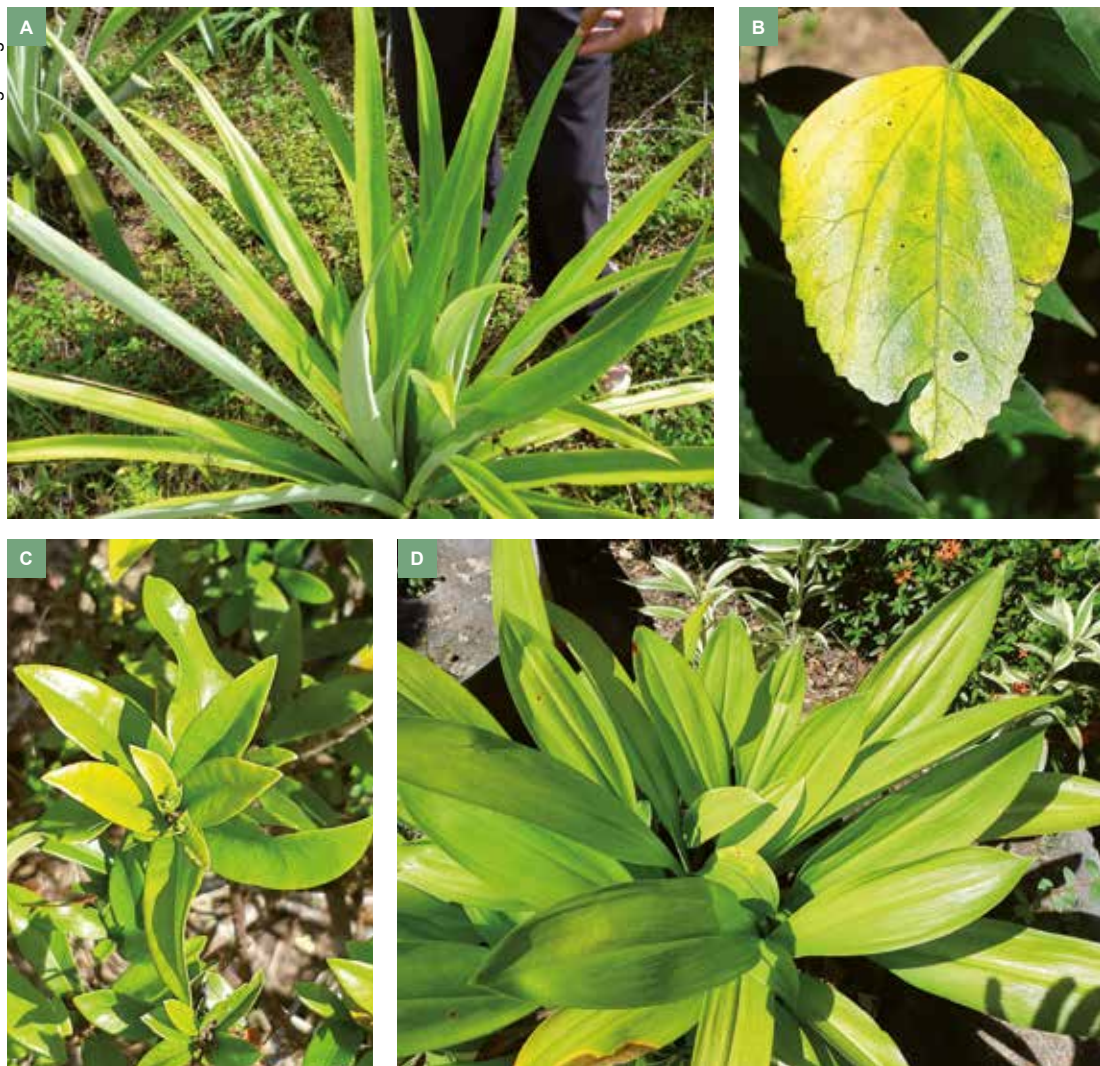
As plantas podem absorver o P como íon ortofosfato primário ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), e, em menor proporção, como íon ortofosfato secundário ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Esse elemento atua na fotossíntese e na respiração, processos que geralmente demandam transferência de energia e, portanto, fundamentais no metabolismo dos açúcares. Também promove a divisão celular como componente do DNA e o crescimento dos diferentes órgãos da planta.



**Figura 3.** Molécula de clorofila apresentando em sua composição N e Mg.



Fotos: Jorge Segovia



**Figura 4.** Vegetais com clorose foliar, característica de deficiência de N em: Arecaceae (A), Zingiberaceae (B), Heliconiaceae (C) e Orchidaceae (D).

Funciona como catalisador enzimático no interior da planta, na redução do nitrato para amônia e na redução de nicotinamida adenina e fosfato (NADPH) (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

As plantas deficientes de P (Figura 7) apresentam crescimento retardado ou reduzido, com um sistema radicular raquítico, folhas e caules pequenos, limitando a forma-

ção de flores e frutos e, muitas vezes, apresentando floração e maturação retardadas, produzindo frutos e sementes pequenas (Ritas et al., 1985). As folhas apresentam coloração verde-avermelhada, púrpura ou bronzeada.

O P pode ser encontrado, comercialmente, nas seguintes formas:



Fotos: Jorge Segovia

**Figura 5.** Clorose foliar associada à deficiência de N em: *Jasminum* spp. (Oleaceae) (A), *Agave fourcroydes* (Amaryllidaceae) (B), *Licuala grandis* (Arecaceae) (C) e *Hibiscus sinensis* (Malvaceae) (D).

Foto: Jorge Segovia



**Figura 6.** Nódulos formados por *Rizhobium* em angico (*Anadenanthera peregrina*).

- Superfosfato simples  
18% de  $P_2O_5$ .
- Superfosfato triplo  
45% de  $P_2O_5$ .
- Fosfato de Araxá (12% solúvel a.c.)  
30% de  $P_2O_5$ .
- Yoin  
30% de  $P_2O_5$ .
- Hiperfosfato de Gafsa (43% solúvel a.c.)  
29% de  $P_2O_5$ .



- Fosfato de Marrocos (11% solúvel a.c.)  
32% de  $P_2O_5$ .
- Fosfato natural de Arad (10,5% solúvel a.c.)  
33% de  $P_2O_5$ .

Adbos para uso em fertirrigação:

- Map  
61% de  $P_2O_5$ .
- Fosfato monopotássico  
51% de  $P_2O_5$ .
- Magnum – P44  
44% de  $P_2O_5$ .
- Kemifos PK  
30% de  $P_2O_5$ .

Em cultivos orgânicos, recomendam-se usar, como fontes de P, Yorin, hiperfosfato de Gafsa, e fosfato natural de Arad.

### Potássio

Esse elemento é absorvido do solo, na forma iônica ( $K^+$ ). É essencial na síntese proteica, promove a turgidez das células, ajudando a manter a pressão interna dos tecidos. Indiretamente, ajuda no transporte de nutrientes para promover a fotossíntese (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

As plantas deficientes em K (Figuras 8 e 9) apresentam manchas cloróticas nas folhas mais velhas, que começam pelo ápice das

Fotos: Jorge Segovia



**Figura 7.** Sintomas característicos da deficiência de P: folhas pequenas, verdes com nervuras de coloração arroxeada em brássicas (A) e (B); limbo foliar arroxeado em gramíneas (C).



folhas e se estendem ao longo de todo o bordo foliar, tornando-se necróticas ao intensificar-se. A deficiência desse nutriente também prejudica a textura, a cor, o conteúdo de açúcar e a consistência dos frutos (Ritas et al., 1985).

O K pode ser encontrado nos seguintes produtos comerciais:

- Cloreto de potássio  
60% de  $K_2O$ .
- Sulfato de potássio  
50% de  $K_2O$ .
- Sulfato de potássio e magnésio  
20% de  $K_2O$ .

Adubos para utilização em fertirrigação:

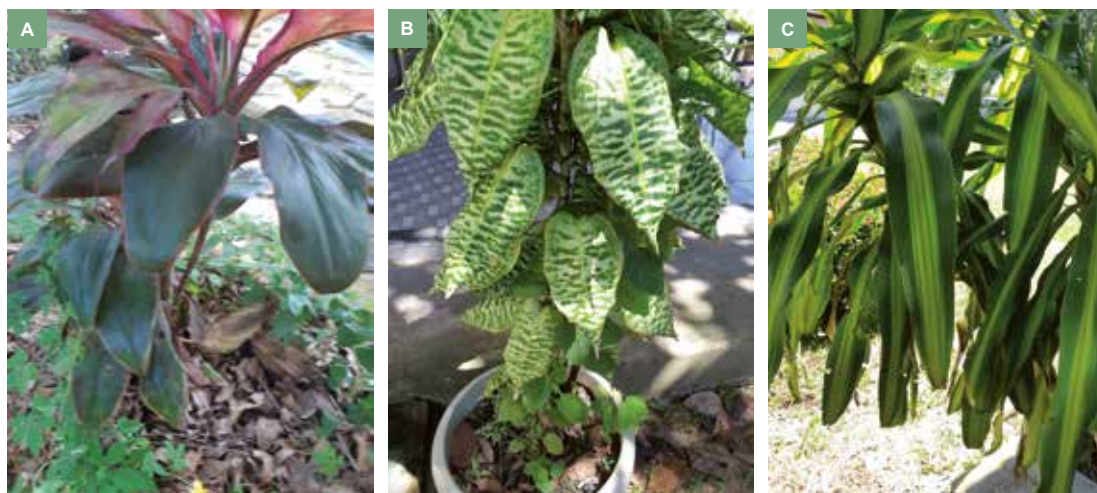
- Sulfato de potássio  
50% de  $K_2O$ .
- Fosfato monopotássico  
33% de  $K_2O$ .

- FertiCare  
44% de  $K_2O$ .
- Kemifos PK  
20% de  $K_2O$ .

Em cultivos orgânicos de hortaliças, recomenda-se como fontes de K, o sulfato de potássio e o sulfato de potássio e magnésio. Este último é recomendado, principalmente, em solos corrigidos com calcário calcítico.

### Cálcio

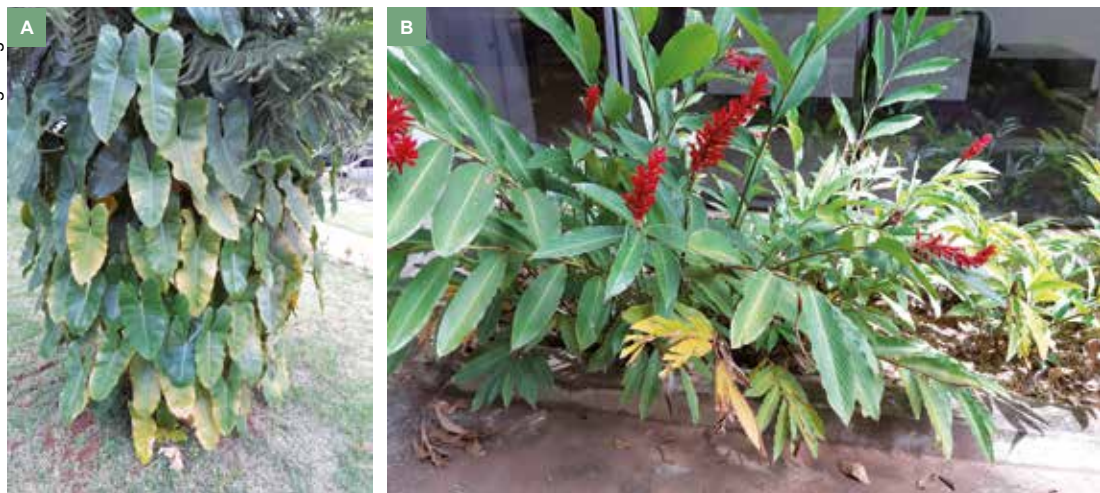
Este elemento é absorvido pelas plantas na forma de cátion ( $Ca^{2+}$ ) e ajuda a reduzir os nitratos, a ativar vários sistemas enzimáticos e a neutralizar os ácidos orgânicos na planta. O Ca forma compostos que são parte da parede celular, estimulando a formação dos mais diferentes órgãos, como raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes, além de promover maior resistência mecânica



Fotos: Jorge Segovia

**Figura 8.** Sintomas visuais da deficiência de K em espécies da família Arecaceae: clorose e necrose das folhas mais velhas em *Sabal bermudana* (A); clorose e necrose das folhas mais velhas em *Rhapis excelsa* (B); e clorose e necrose das folhas mais velhas em *Chamaerops humilis* (C).

Fotos: Jorge Segovia



**Figura 9.** Sintomas visuais da deficiência de K nas espécies: clorose e necrose das folhas mais velhas em *Ravenna madagascariensis* (A); clorose e necrose das folhas mais velhas em *Musa acuminata* (B); e clorose e necrose das folhas mais velhas em *Dracaena sanderiana* (C).

da planta (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

As plantas deficientes em Ca (Figuras 10 a 12) apresentam como sintomas visuais achatamento, encurvamento e necrose dos tecidos das folhas novas, bem como enrugamento e necrose das paredes dos frutos (podridão apical de frutos de tomate, pimentão e melancia) e brotos terminais das plantas, em decorrência da baixa translocação de Ca na planta (Ritas et al., 1985).

O Ca pode ser encontrado, comercialmente, nas seguintes formas:

- Calcário dolomítico  
30% de OCa.
- Calcário calcítico  
45% de OCa.
- Cal hidratada  
46% de OHCa.
- Fosfato natural de Gafsa  
36% de OCa.

- Cal virgem – não usar.
- Superfosfato simples  
25% de OCa.
- Fosfato natural de Arad  
37% de OCa.

Adubo para uso em fertirrigação:

- Nitrato de cálcio  
19% de Ca.

Helicônias deficientes em Ca apresentam achatamento e encurvamento das folhas, bem como suscetibilidade ao fendilhamento foliar, causado por ventos fracos (Figura 12).

### Magnésio

Este elemento é absorvido na forma de cátion ( $Mg^{2+}$ ). É um componente da clorofila (Figura 13), estando envolvido, diretamente, na captação da luz solar durante a fotossíntese. Também ajuda no metabolismo do fosfato, na respiração da planta e na ativa-



Fotos: Jorge Segovia

**Figura 10.** Sintomas visuais da deficiência de Ca: clorose e necrose da extremidade das folhas mais novas de lança-de-são-jorge (*Sansevieria stuckyi* God. Leb.) (A); e de bromélia (B).



Fotos: Jorge Segovia

**Figura 11.** Clorose e necrose da extremidade de folhas mais novas em: cebolinha (A); e manchas necrosadas no ápice das folhas novas de bananeira (B) são sintomas visuais da deficiência de Ca.

ção de vários sistemas enzimáticos (Mala-  
volta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

As plantas deficientes em Mg (Figura 13)  
apresentam amarelecimento foliar entre as  
nervuras das folhas mais velhas, começan-

do a partir das margens foliares, enquanto  
as nervuras permanecem verdes (Ritas et al.,  
1985).

O Mg pode ser encontrado, comercialmen-  
te, nas seguintes formas:





**Figura 12.** Tecidos das folhas deficientes de Ca são frágeis e se fendem.

Foto: Jorge Segovia



**Figura 13.** A clorose internerval e as nervuras verdes são sintomas visuais da deficiência de Mg em begônias.

- Calcário dolomítico  
20% de OMg.
- Cal hidratada  
53% de OHMg.
- Sulfato de potássio e magnésio  
18% de OMg.
- Cal virgem – não usar.
- Superfosfato simples  
28% de OMg.

### Enxofre

Este nutriente é absorvido na forma de ânion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). É um componente essencial dos aminoácidos cisteína e metionina, fundamentais na formação de proteínas. O S é fundamental na formação de clorofila (Malavolta, 1980; White et al., 1980; Lopes, 1989).

As plantas deficientes em S apresentam amarelecimento esbranquiçado e generalizado das folhas e redução do crescimento (Ritas et al., 1985).

O S pode ser encontrado, comercialmente, nas seguintes formas:

- Sulfato de potássio e magnésio  
22% de  $\text{SO}_3$ .
- Superfosfato simples  
12% de  $\text{SO}_3$ .
- Fosfato natural de Gafsa  
36% de  $\text{SO}_3$ .



Adubo para utilização em fertirrigação:

- Sulfato de potássio  
18% de S.

### **Boro**

O B está envolvido no transporte de carboidratos, no metabolismo do ácido ribonucleico, na síntese do ácido indolacético (AIA), no metabolismo fenólico e na lignificação e estrutura da parede celular, estando diretamente envolvido na durabilidade de flores cortadas (Barbosa et al., 2009).

### **Molibdênio**

O Mo é componente da enzima redutase do nitrato e da nitrogenase, fundamental na fixação do N (Barbosa et al., 2009).

Plantas deficientes em Mo acumulam nitrato e podem apresentar deficiência de N (Barbosa et al., 2009).

### **Zinco**

O Zn tem função estrutural e funcional nas transformações pelas quais passam as substâncias que constituem o interior dos organismos vivos, como reações de síntese (anabolismo) e reações de desassimilação (catabolismo) que liberam energia (Barbosa et al., 2009).

O principal sintoma de deficiência é a redução do crescimento das folhas, com diminuição da atividade fotossintética (Barbosa et al., 2009).

## **Recomendação de adubos para produção orgânica**

Na horticultura e na floricultura orgânica recomendam-se apenas os adubos minerais

de origem natural e de baixa solubilidade, como, por exemplo, os fosfatos naturais, os calcários, a cal hidratada e os pós de rocha. Em solos de baixa fertilidade, onde serão cultivadas espécies com demanda de saturação de bases elevada, poderão ser utilizados os termofosfatos, fosfatos de Arad e Gafsa, sulfato de potássio, sulfato duplo de potássio e magnésio de origem natural, sulfato de magnésio, micronutrientes e guano (excrementos de aves marinhas).

## **Redistribuição dos nutrientes**

Segundo Malavolta et al. (1989), os elementos podem mostrar mobilidade muito diferente no interior da planta. Assim, podem ser classificados como:

- Móveis: N, P, K, Mg, cloro (Cl) e Mo.
- Pouco móveis: S, Cu, Fe, Mn e Zn.
- Imóveis: Ca e B.

## **Adubos orgânicos**

Geralmente, são usados como fontes de matéria orgânica (esterco e compostos). Funcionam como condicionadores do solo, contribuindo para manter a estrutura, melhorando a capacidade de retenção de água e de nutrientes e proporcionando um meio adequado para o desenvolvimento e ação dos microrganismos e da fauna do solo.

Os esterco frescos contêm microrganismos que precisam de N durante o processo de curtição. Por isso, não devem ser usados no cultivo, pois induzem à deficiência de N (fome induzida) dos vegetais. Esse problema pode ser resolvido com o curtimento do esterco, que é a transformação dos excrementos animais sob condições naturais. Deve-se deixar os monturos de esterco de-

compor em local coberto com sombrite a 80%.

No período chuvoso, deve-se evitar o encharcamento e a lavagem do esterco, usando uma lona plástica. O esterco curtido se transforma numa massa escura, de odor agradável.

Os restos vegetais (folhas, gravetos, flores, frutos e raízes) ou esterco de animais, quando decompostos, fornecem detritos à superfície, que são desintegrados pela digestão de outros organismos como bactérias, protozoários, insetos, vermes e minhocas, representando fontes de matéria orgânica que servem para melhoria físico-química dos solos.

Todos os detritos vegetais são compostos de substâncias orgânicas e inorgânicas. Entre os elementos inorgânicos, têm-se Ca, K, Mg, Fe, P e S. A porção orgânica dos detritos consiste em amidos, açúcares, ácidos orgânicos, resinas, óleos, lignina, vitaminas e proteínas, compostos estes que contêm em sua composição C, O, H, P, N e S. Com

a desintegração dos restos vegetais, verifica-se a formação de substâncias húmicas, o húmus, o qual se constitui em complexos compostos orgânicos (Bunting, 1971).

A matéria orgânica decomposta é substrato de uma série de organismos que a decompõe, convertendo-a em nutrientes orgânicos em formas inorgânicas, como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Esse fenômeno é denominado de mineralização (matéria orgânica curtida).

A Tabela 1 contém os valores médios da composição do esterco de diferentes origens (bovino, suíno e aves), bem como da matéria orgânica, da farinha de ossos e de peixes, do bagaço de cana e da torta de mamona. Observa-se que, em termos nutricionais, na maioria desses produtos, os aportes de N, de P e de K são pequenos, com exceção da farinha de ossos, que apresenta teores razoáveis de P.

A adição de substâncias orgânicas aos solos pobres em matéria orgânica melhora seu arejamento, regula a velocidade de in-

**Tabela 1.** Composição média de diferentes fontes de adubo orgânico.

Adubo	Matéria orgânica	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
		(%)		
Esterco bovino	57	1,7	0,9	1,4
Esterco de suínos	53	1,9	0,7	0,4
Esterco de aves	50	3	3	2
Composto orgânico	31	1,4	1,4	0,8
Farinha de ossos degelatinados		0,5 a 1	27 a 29	
Farinha de ossos autoclavada		2 a 3	20 a 23	
Farinha de peixe		4 a 5	9	5
Bagaço de cana	81,7	1,37	1,11	0,70
Torta de mamona		4 a 6	1 a 2	1,2

Fonte: Ribeiro et al. (1999).

filtração, diminui a compactação e melhora a capacidade de troca de cátions.

Para que ocorra boa mineralização da matéria orgânica, é importante que os esterco e compostos orgânicos sejam curtidos. Para tanto, deve-se colocar os adubos orgânicos num local coberto com palha rala ou sombrite, de maneira a permitir a entrada de chuva sem lavá-los (Figura 14). No período sem chuvas, o esterco em processo de curtimento deve ser regado constantemente, tendo-se o cuidado para que ele não fique ensopado.

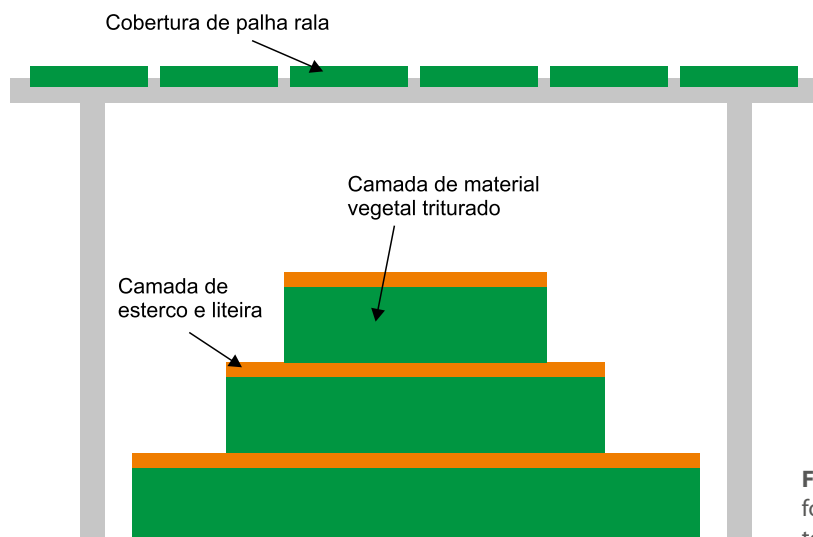
A aplicação de adubos orgânicos não curtidos provoca a queima do sistema radicular das plantas e a competição por N, promovendo clorose.

### **Fabricação do composto orgânico em unidades de agricultura familiar**

Para se fabricar composto orgânico podem-se utilizar qualquer material vegetal, desde que em bom estado sanitário. As pilhas de

compostos devem medir de 1 m de largura, por 1 m a 5 m de comprimento e 1,25 m de altura. A pilha de composto deve ser constituída por quatro camadas de material vegetal de 20 cm, intercaladas por camadas de esterco de 5 cm e raspa de liteira da floresta, de forma a acelerar a decomposição (Figuras 15 e 16).

Inicialmente, o material empilhado em leiras – para decomposição – se aquece, alcançando altas temperaturas (60 °C a 70 °C). Por isso, num período de 90 dias, é preciso revirar o composto a cada 15 dias. No processo de mistura, deve-se aproveitar para regar. É possível que seja necessário revirar o composto antes de 15 dias, baseando-se no teste da “barra quente”, que se resume na seguinte operação: a cada 2 ou 3 dias, inserir uma barra de ferro bem no meio do monte, por 5 minutos, deixando 20 cm para fora. Isso funcionará como um termômetro. Ao retirar a barra, deve-se segurá-la na região que fica no meio da pilha. Se não for possível segurar a barra, está na hora de revirar o composto.



**Figura 14.** Pilha de composto formada por camadas de material vegetal e de esterco.

Fotos: Jorge Segovia



**Figura 15.** Cama de aviário sem curtir e materiais vegetais em processo de decomposição.

Fotos: Jorge Segovia



**Figura 16.** Pilha de compostagem em camadas de material vegetal (A) e composto curtido (B).

O composto estará pronto para ser usado, quando não apresentar cheiro forte, mas apenas um cheiro muito suave, não se conseguindo identificar os componentes que formaram a pilha, como aparas, serragem, folhas e colmos, galhos e outros componentes vegetais. Nessa etapa, conforme os componentes usados, o composto pode apresentar coloração marrom-escuro ou

preta, além de consistência leve e solta. Uma vez pronto, seu volume se reduz a um terço em relação ao volume inicial.

Nas condições climáticas da região amazônica, esse processo demora, em média, 3 meses. Por isso, os agricultores devem preparar seus adubos orgânicos 3 meses antes do plantio.



## **Usina de compostagem como alternativa sustentável para reúso de resíduos sólidos agroindustriais**

Nas cidades amazônicas, a descarga do lixo representa sérios problemas à saúde pública e ao meio ambiente. Entre tais problemas, podem-se citar os resíduos agroindustriais como são chamados os resíduos das indústrias de açaí, além das aparas e serragem das indústrias madeireira e moveleira.

Nessa linha, deve-se levar em conta que, durante séculos, os depósitos em áreas urbanas tratados sem os devidos cuidados sempre estiveram associados à propagação de doenças, seja diretamente por meio de humanos e de animais coexistindo nesses locais, seja por meio da contaminação dos mananciais de água, dos solos e dos alimentos (James, 1997).

Essa geração crescente e diversificada de resíduos sólidos nos meios urbanos – e sua disposição final – estão entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados em muitas cidades amazonenses. A geração de resíduos é proporcional ao aumento da população e às demandas do mercado interno e externo, e desproporcional à disponibilidade de soluções para o gerenciamento dos detritos, resultando em sérias defasagens na prestação de serviços, como a diminuição gradativa da qualidade do atendimento e a redução do percentual da malha urbana atendida pelo serviço de coleta e o seu abandono em locais inadequados. Portanto, o correto manejo dos resíduos sólidos é certamente um dos principais desafios dos centros urbanos neste início de milênio.

O tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos das indústrias madeireiras sempre foi uma preocupação dos principais municípios e principalmente das organizações governamentais – e não governamentais – ligadas à área de saneamento ambiental.

Na maioria dos municípios amapaenses, a administração se limita a recolher resíduos domiciliares e empresariais, sem muita regularidade, depositando-os em locais afastados da vista da população, sem maiores cuidados sanitários, principalmente em decorrência das dificuldades financeiras que impedem a aquisição de equipamentos para coleta, necessários e disponíveis no mercado, transporte e destinação final dos resíduos sólidos.

As consequências desses procedimentos são graves, podendo-se citar como exemplo a contaminação do lençol freático, a poluição da atmosfera, com o desprendimento de gases e o mau cheiro, a proliferação de insetos e roedores, transmissores de doenças e o problema da presença humana (catadores) nos locais onde os resíduos sólidos são depositados nos lixões.

Dentre as oportunidades reais existentes, a reciclagem e o reúso desses resíduos industriais formados por fibras vegetais na compostagem começam a ser vistos como solução adequada, tanto para a destinação final do lixo recolhido como para a geração de emprego e renda em áreas de agricultura periurbanas, podendo garantir segurança no abastecimento de alimentos na Amazônia.

Segundo Homma (2000), nas últimas décadas, os resíduos sólidos urbanos têm sido estudados com a finalidade de se obter técnicas mais eficientes e seguras para dispô-los no ambiente ou torná-los novamente úteis.

Levantamentos feitos em usinas de triagem e de compostagem de resíduos sólidos apontam que, em média, depois de devidamente processado, chega-se a uma produção de composto orgânico da ordem de 40% da quantidade inicial de lixo chegada à usina. É certo que a composição do lixo varia de município para município, mas, se uma parte desse lixo for utilizada em produção de composto orgânico e outra reciclada em indústrias de papel, metal, plástico ou vidro, o volume final com destino a aterros sanitários será bastante reduzido (D'Almeida, 2000).

De acordo com a *NBR 10.004 – ABNT* (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987), resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos ou semisólidos ou que resultam da atividade da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. A norma também estabelece a metodologia de classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, com o objetivo exclusivo de adequar seu manuseio e seu destino final.

Segundo Vailati (1998), a coleta, o transporte e o destino final dos resíduos sólidos são atividades tipicamente municipais, constituindo-se um ramo importante do saneamento ambiental, do qual é tratado de forma integrada e fazendo parte de um plano diretor municipal de saneamento e meio ambiente.

Desde 1981, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) instituiu a primeira lei (Lei nº 6.938 de 1981, disposto na Lei nº 9.605 de 1998 e no Decreto nº 3.179 de 1999) (Brasil, 1981, 1998, 1999), sobre aproveitamento dos resíduos sólidos, onde considera que a reciclagem dos resíduos

sólidos deve ser incentivada, facilitada e expandida no País, para reduzir o consumo de matérias-primas, recursos naturais não renováveis, energia elétrica e água.

Recomenda-se a utilização de matéria-prima para compostagem, de acordo com a norma *NBR 10.004 – ABNT* de 1987 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987), os resíduos sólidos classificados como:

- Resíduos classe II – Não Inertes: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na classe I (perigosos).
- Resíduos classe III – Inertes: esses resíduos podem ter propriedades, como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água.

Levando-se em consideração que antes de iniciar qualquer projeto que envolva tratamento de resíduos sólidos, é importante avaliar, qualitativamente e quantitativamente, o perfil dos resíduos sólidos a serem usados nesse estudo, permitindo assim estruturar melhor todas as etapas de um projeto de usina de compostagem. Serão utilizados resíduos caracterizados por Vilhena (1999) como compostáveis (casca, caroços e bagaço de frutas, aparas e serragem de madeira).

Quanto aos impactos ambientais, econômicos e sociais associados à falta de tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, Pereira Neto (1999) menciona que os impactos gerados pela falta de manejo do lixo urbano são bastante variados, podendo ser classificados em sanitários, ambientais, econômicos e sociais.

A coleta de resíduos agroindustriais será seletiva e tem como aspectos positivos:

- Estímulo à cidadania, graças à participação da população.
- Articulações com catadores e empresas.
- Redução do volume de lixo a ser disposto no ambiente por meio do reúso na compostagem de fibras vegetais.
- Agregação de valor nos materiais segregados.
- Aumento da disponibilidade de matéria orgânica na produção de frutas e hortaliças para os agricultores familiares periurbanos.

Já no que diz respeito aos aspectos negativos, verifica-se o aumento dos custos com coleta seletiva (necessidade de caminhões para coleta e de maquinário e implementos e insumos para processamento de resíduos sólidos).

De acordo com Jardim (1998), os impactos ambientais da compostagem constituem-se na redução dos resíduos sólidos orgânicos de origem animal e vegetal que deixam de gerar gases e maus odores, líquidos percolados, atrair animais vetores como moscas, ratos e baratas que passam a viver, alimentar-se e proliferar-se nos restos orgânicos e normalmente são vetores de doenças, como: tifo, leptospirose, peste bubônica, diarreias infantis e outras igualmente perigosas.

Por meio da compostagem, os resíduos orgânicos são decompostos, tornando os nutrientes disponíveis para as plantas. Ainda, segundo esse autor, a agricultura está dando ênfase ao aproveitamento e à preservação dos recursos naturais provenientes da sua atividade, em outras palavras, utilizando melhor os recursos próprios, principalmente os resíduos orgânicos provenientes das atividades agropecuárias e agroindustriais.

## Compostagem

A compostagem é uma técnica usada no reúso dos resíduos agrícolas, a qual já é praticada por agricultores ao longo dos séculos. Nesse processo, restos de vegetais, estrume e outros tipos de resíduos orgânicos são empilhados em leiras em local conveniente e deixados para se decompor até ficarem prontos para serem devolvidos ao solo, sendo utilizados pelos agricultores para melhorar a fertilidade do solo. Pode ser definida como um processo biológico aeróbico e controlado de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para produção de húmus (Pereira Neto, 1996).

O processo de compostagem é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos e envolve, necessariamente, duas fases distintas:

- Fase 1: degradação ativa (necessariamente termofílica), em que a temperatura deve ser controlada a valores termofílicos, na faixa de 45 °C a 65 °C.
- Fase 2: maturação ou cura, na qual ocorre a humificação da matéria orgânica previamente estabilizada na primeira fase. Nesse processo, a temperatura deve permanecer na faixa mesofílica, ou seja, menor que 45 °C (Pereira Neto, 1996).

O inoculante microbiano para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica pode ser a liteira da mata, soja fermentada, microrganismos capturados da natureza por meio de arroz cozido ou inoculantes comerciais como o EM (microrganismos eficazes).

A compostagem de baixo custo envolve processos simplificados e é feita em pátios onde o material a ser compostado é dispo-

to em montes de forma cônica, denominados pilhas de compostagem, ou em montes de forma prismática, com seção reta aproximadamente triangular, denominados leiras de compostagem.

Segundo Kiehl (1985), o termo inglês *compost* deu origem ao termo em português “composto”, para indicar o fertilizante, e aos termos “compostar” e “compostagem”, para indicar a ação ou ato de preparar o adubo. De acordo com o autor, para se obter compostagem deve-se:

- Utilizar matérias-primas que contenham um balanço na relação carbono/nitrogênio (C/N) favorável ao metabolismo dos organismos que efetuam sua biodigestão.
- Facilitar a digestão dessa matéria-prima, dispondo-a em local adequado, de acordo com o tipo de fermentação desejada (se aeróbia ou anaeróbia), controlando a umidade, a aeração, a temperatura e demais fatores, conforme cada caso requer.

Para Kiehl (1985), a compostagem tem a função de transformar material orgânico em substância humificada, estabilizada com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

Segundo Primavesi (1992), na agricultura ecológica, a compostagem tem como objetivo transformar matéria vegetal muito fibrosa, como palhada de cereais, capim, sabugo de milho, casca de café e arroz, em insumos para incorporação ou para cobertura de solo (*mulche*).

A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e na drenagem da água e melhoram a aeração, além de conter nutrientes minerais

essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S). Assim, quando o composto orgânico é utilizado em torno do sistema radicular das plantas, os nutrientes são absorvidos gradualmente, conforme as necessidades das plantas. Da mesma forma, a matéria orgânica do composto funciona também como uma solução tampão, ou seja, impede que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou de alcalinidade.

Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microrganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas.

De acordo com Francisco Neto (1995), o processo de fermentação bacteriana que ocorre na compostagem tem como resultado: sua introdução no solo, sem a indesejável fixação de N. a destruição de sementes de ervas invasoras e patógenos e a degradação de substâncias inibidoras do crescimento vegetal existente na palha.

Além de aumentar a capacidade de troca catiônica e a retenção de água no solo, o que promove aumentos da produção de hortaliças e frutas, e favorece a redução dos custos de produção agrícola.

Ademais, de acordo com Silva Sanches (2000), a compostagem tem como função eliminar metade do problema dos resíduos sólidos urbanos, dando um destino útil aos resíduos orgânicos e evitando seu acúmulo em aterros.

A relação C/N considerada ideal para iniciar o processo de compostagem está na faixa de 25/1 a 35/1. Se a relação não for esta, significa que o tempo de compostagem será maior, sendo que relações acima de 40/1 tornam o processo lento. Quando a relação for muito baixa, devem-se introduzir materiais ricos em carbono, para corrigir essa relação.



Os resíduos sólidos agroindustriais e capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) devem ser triturados e misturados, numa proporção de 1:1, de forma a melhorar a qualidade do composto orgânico a ser utilizado na produção de hortaliças e de frutas. É que o capim-elefante do tipo C-4 tem alta eficiência na fixação de  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) atmosférico no processo de fotossíntese na produção de biomassa vegetal, e a demanda por nitrogênio é baixa, sendo mais eficiente na utilização desse nutriente do que as plantas C-3 (Taiz; Zeiger, 1998). O capim-elefante está entre as gramíneas de maior capacidade de acumulação de matéria seca (30 t/ha e 42 t/ha de matéria seca), possuindo também características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia (4.0 kcal/kg) como altos teores de fibras (10%) e relação C/N de 40, considerada elevada (Flores, 2009).

Para que a fração orgânica dos resíduos sólidos agroindustriais seja destinada à compostagem, é importante observar algumas características:

- Granulometria: o resíduo deve ter granulometria adequada para o processo, para garantir boa aeração das leiras. As dimensões de partícula devem atingir 1,2 cm x 5 cm. O excesso de partículas finas pode acarretar produção de chorume e formação de torrões.
- pH: normalmente ácido, deve ser corrigido com carbonato de cálcio e magnésio (calcário), de forma a estar próximo da neutralidade.
- Relação C/N: os teores de C e N devem ter a relação da ordem de 30/1.
- Umidade: deve estar entre 40% e 60%, para possibilitar boa aeração.

## Capineira de capim-elefante

Pode-se usar capineira de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Para tanto, a área deve ser preparada no final do período seco (de novembro a dezembro), por meio da limpeza da vegetação, subsolagem e sulcamento seguido de aração e de gradagem (grade aradora) do solo.

O plantio deve ser feito no início do período chuvoso (janeiro), sendo que o material de propagação é o colmo. Para assegurar maior índice de pega, os colmos do capim devem ser retirados de plantas-matrizes com rebrote de 90 a 120 dias.

A planta é desfolhada e os colmos são cortados em estacas de três a quatro nós. Cada planta inteira pode produzir de sete a dez estacas.

O plantio será feito com colmos inteiros, em sulcos, plantados longitudinalmente, um após outro, distanciados 10 cm entre si, em sulcos no espaçamento de 1,20 m, e à profundidade de 10 cm.

A adubação constará de 50 kg/ha de N na forma de nitrato de cálcio, 100 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de sulfato de potássio, e 100 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de fosfato de Arad.

O capim-elefante deve ser cortado ao nível do solo, ou até de 10 cm a 15 cm acima, com terçado, foice ou coletadeira trituradora. Com um intervalo de corte de 42 dias, a produção anual de forragem será de 120 t de forragem verde por hectare.

## Microrganismos eficazes

Os microrganismos eficazes (EM) são um conjunto de microrganismos que vivem no solo naturalmente. Nele, coexistem mais

de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos chamados de efímeros, pois agem no solo, fazendo com que sua capacidade natural tenha plena ação. O EM comercial é basicamente constituído por quatro grupos de microrganismos: leveduras, actinomicetos, bactérias produtoras de ácido láctico e as fotossintetizantes.

As leveduras produzem substâncias antimicrobianas e outras substâncias necessárias ao crescimento da planta, a partir de aminoácidos e açúcares secretados pela bactéria fotossintética, pela matéria orgânica e pelas raízes das plantas. As substâncias bioativas, como hormônios e enzimas, produzidas pelas leveduras, provocam atividade celular e divisão de raízes.

Os actinomicetos controlam fungos e bactérias patogênicas e conferem às plantas maior resistência a estes, por meio do contato com patógenos enfraquecidos.

As bactérias produtoras de ácido láctico produzem ácido de açúcares e de outros carboidratos desenvolvidos pela bactéria fotossintética e pela levedura. A bactéria do ácido láctico é um forte composto esterilizante que elimina microrganismos nocivos, melhora a decomposição da matéria orgânica e ainda promove a fermentação e a decomposição de materiais como lignina e celulose. Ela também tem a capacidade de eliminar microrganismos que induzem a doenças, como o *Fusarium*, que se desenvolve em colheitas contínuas.

As bactérias fotossintetizantes ou fototróficas são um grupo de micróbios independentes e autônomos. Essas bactérias sintetizam substâncias úteis da secreção de raízes, matéria orgânica e/ou gases nocivos (hidrogênio sulfurado), usando a luz do sol e o calor do solo como fontes de energia.

As substâncias úteis desenvolvidas por esses micróbios incluem aminoácidos, ácidos nucleicos, substâncias bioativas e açúcares, que impulsionam o crescimento da planta.

O EM pode ser produzido da seguinte maneira:

- Cozinham-se uns 3 a 4 copos de 300 mL de arroz sem óleo ou temperos, até que fique bem mole (papa).
- Em seguida, coloca-se o arroz cozido numa mata sob liteira (galhos e folhas caídas no chão) ou enterrado superficialmente a 5 cm de profundidade, deixando-o por 1 ou 2 semanas.
- Coleta-se o arroz e retiram-se os bolores/fungos de coloração preta e cinza, deixando somente os coloridos e os de cor clara.
- Depois, basta misturar a 5 L de água (sem cloro), mais um pouco de farelo de arroz e 1 L de caldo de cana, e está pronto.

Pode-se, também, acrescentar um potinho de lactobacilos ao EM. Os microrganismos efímeros assim preparados podem ser conservados à sombra em local fresco e ventilado.

## Adubação verde

A adubação verde consiste no plantio e na incorporação de massa verde de espécies leguminosas, o que deve ser feito quando as espécies estão em plena floração. Para sua incorporação ao solo, inicialmente, usa-se uma grade de discos e depois o arado para promover o enterrio. Antes do plantio de leguminosas, deve-se corrigir a acidez do solo com calcário dolomítico.

Pode-se destacar como vantagens desse tipo de adubação:

- Adiciona matéria orgânica e melhora a estrutura do solo.
- Fixa do ar de 100 kg/ha a 125 kg/ha de N.
- Adiciona N ao solo.
- Tem ação benéfica sobre a vida das bactérias nitrificantes no solo.
- Protege a superfície do solo.
- Permite melhor infiltração da água do solo.

A Tabela 2 mostra os valores médios de massa verde produzida por diversas leguminosas.

## Análise do solo

A análise do solo serve para identificar quais nutrientes estão faltando, e, por meio

desses dados, pode-se determinar que quantidade deverá ser adicionada para se obter boas produtividades.

## Coleta e preparo das amostras de solo

Devem ser coletadas 20 subamostras em um balde plástico, com auxílio de uma pá reta ou de uma enxada, na profundidade da terra arável, ou seja, em torno de 20 cm, as quais devem ser bem misturadas. Dessa mistura, deve ser tomada uma amostra de 1 kg para enviar ao laboratório. Cada amostra enviada ao laboratório deve representar uma área uniforme em termos de coloração, textura, declive e presença de pedras.

## Acidez do solo

O grau de acidez do solo é expresso em termos de pH, uma expressão matemática que representa a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) contido na solução do solo.

**Tabela 2.** Produção de massa verde de diferentes leguminosas.

Adubo verde	Produção de massa verde (t/ha)				
	Brieger	Cardoso	Malavolta	Souza	Silva
<i>Crotalaria juncea</i>	28,3	28,4	51,2	54,2	34,1
<i>Dolichos lablab</i>	23,8	9,9	-	39,6	-
Mucuna-anã	-	-	-	35,6	17,4
Guandu	29,1	15,2	35	33,4	22,8
Mucuna-preta	32,1	15,7	42,8	31,8	26,4
Feijão-de-porco	-	-	33,1	30,2	23,5
<i>Crotalaria spectabilis</i>	-	-	-	16,3	-
<i>Crotalaria paulina</i>	41,8	-	-	37,1	38,4
<i>Crotalaria grantiana</i>	-	-	22,2	-	-
Feijão-macáçar	-	18,1	-	-	-

Fonte: Gomes (1970).

O pH é lido numa escala de 1 a 14, usada para indicar a intensidade relativa de acidez ou alcalinidade. Uma solução com pH igual a 7 é neutra. Os valores abaixo de 7 indicam acidez cada vez maior, e os valores acima de 7 indicam, progressivamente, maior alcalinidade.

## Correção da acidez do solo

O termo potencial de hidrogênio (pH) define a acidez ou alcalinidade relativa de uma solução. A escala de pH cobre uma amplitude de 0 a 14. Um valor de pH igual a 7,0 é neutro. Valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima de 7,0 são básicos ou alcalinos.

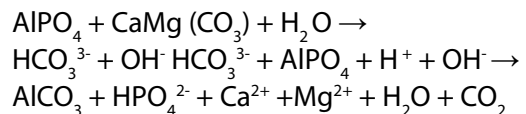
Um ácido é uma substância que libera íons hidrogênio ( $H^+$ ). Quando saturado com  $H^+$ , um solo comporta-se como um ácido fraco. Quanto mais  $H^+$  for retido no complexo de troca, maior será a acidez do solo.

O alumínio do solo age como elemento acidificante, haja vista que na reação com a água forma hidróxido de alumínio, liberando íons  $H^+$  que acidificam o solo. Os íons básicos, tais como o  $Ca^{2+}$  e o  $Mg^{2+}$ , tornam o solo menos ácido. A faixa ótima de pH para o desenvolvimento da maioria das flores, hortaliças e plantas ornamentais encontra-se entre 5,7 e 6,9.

Nos solos hortícolas da Amazônia, onde o regime pluviométrico é elevado, a maioria dos solos tornam-se ácidos, em virtude da perda de bases arrastadas por águas de infiltração (lixiviação) e da erosão, bem como pela aplicação de adubos nitrogenados e potássicos, causando um desequilíbrio dos nutrientes, e também pela sua remoção por meio das colheitas, perdendo progressivamente nutrientes, como Ca, Mg, K, e tomando seu lugar íons de H e Al.

Os efeitos da calagem são: diminuição da acidez, aumento da porcentagem da saturação de base, da concentração de Ca e Mg, e a insolubilização de Fe, manganês (Mn) e Al.

Com o processo de aplicação de calcário, o fosfato de alumínio reage com o carbonato do calcário, formando carbonato de alumínio insolúvel ( $AlCO_3$ ), gás carbônico ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ); e o hidrogênio reage com o oxigênio do carbonato, formando água ( $H_2O$ ) e gás carbônico ( $CO_2$ ). Essas reações liberam para planta, na solução do solo, nutrientes como íons ortofosfato, Ca e Mg, indispensáveis para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Isso pode ser representado pela seguinte equação:



## Recomendação de calagem

A calagem adequada é uma das práticas que mais benefícios traz ao agricultor, promovendo uma combinação favorável de vários efeitos, dentre os quais mencionamos os seguintes:

- Eleva o pH do solo.
- Fornece Ca e Mg como nutrientes.
- Aumenta a disponibilidade e a eficiência de fertilizantes, como N, P, K, Ca, Mg, S e Mo para a planta.
- Diminui ou elimina os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe.
- Aumenta a produtividade das culturas como resultado de um ou mais dos efeitos anteriormente citados.



Para determinar a necessidade de calagem, é necessário realizar a análise do solo a ser cultivado. O Laboratório da Embrapa Amapá realiza essas análises que permitem a determinação pelo método da elevação da saturação por bases. Para tanto, alguns atributos são utilizados, os quais serão descritos a seguir.

### Soma de bases

Refere-se à soma de Ca, Mg, K e, se for o caso, também o sódio (Na), todos na forma trocável no complexo de troca de cátions do solo. Enquanto os valores absolutos resultantes das análises desses componentes refletem os níveis individuais desses parâmetros, a soma de bases dá uma indicação dos números de cargas negativas dos colóides que estão ocupados por bases.

A soma de bases (*SB*) é expressa em centímol de carga por decímetro cúbico de terra ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ).

$$SB = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

### Capacidade de troca de cátions a pH 7,0

A capacidade de troca de cátions (*CTC*), também conhecida como capacidade de troca de cátions potencial do solo, é denominada como a quantidade de cátions absorvida a pH 7,0. Sob o ponto de vista prático, é o nível da *CTC* de um solo que seria atingido, caso a calagem fosse feita para elevar o pH a 7,0.

A *CTC* também é expressa em centímol de carga por decímetro cúbico de terra ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ).

$$CTC = SB + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$$

### Saturação por bases atual do solo

Este parâmetro reflete o percentual das cargas negativas passíveis de troca a pH 7,0 que estão ocupados por  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , em comparação com aqueles ocupados por  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$ . É um parâmetro utilizado para diferenciar solos considerados férteis ( $V\% > 50\%$ ) de solos de baixa fertilidade ( $V\% < 50\%$ ).

$$V_1\% = \frac{SB \times 100}{CTC}$$

A dosagem de calcário a ser aplicada é determinada pela seguinte equação:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Em que:

*NC* = necessidade de calcário (t/ha) para profundidade de 20 cm.

*CTC* = *CTC* a pH 7,0 =  $S + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) (fornecido na análise).

*SB* =  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$  ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) (fornecido na análise).

*V*<sub>2</sub> = saturação por bases desejada para a cultura a ser implantada (%) (Tabela 3).

*V*<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo (%) (fornecido na análise).

*PRNT* = poder relativo de neutralização total (%) (parâmetro relativo à granulometria e à quantidade de neutralizantes do calcário).

### Distribuição do calcário

Para que haja uma boa distribuição do calcário no perfil do solo, deve-se aplicar a metade da quantidade de calcário recomendado a lançar e incorporada com o ara-

**Tabela 3.** Valores de saturação por bases desejada para as diferentes culturas.

Cultura	Saturação por bases desejadas ( $V_2$ ) (%)	Exigente em calcário
Abacaxi	50	
Abóbora	70	Dolomítico
Abacate	60	
Alface	70	Dolomítico
Almeirão e acelga	70	Dolomítico
Batata e batata-doce	60	Dolomítico
Berinjela	70	Ca/Mg = 1
Brócolis	70	Dolomítico
Cebola	70	
Cenoura	65	Dolomítico
Chicória	70	
Chuchu	80	Dolomítico
Citrus	70	Dolomítico
Couve	70	Dolomítico
Escarola	70	
Feijão de vagem	70	Dolomítico
Goiaba	70	
Jiló	70	Ca/Mg = 1
Macaxeira	40	Máximo 2t/ha
Melancia	70	Dolomítico
Melão	80	Dolomítico
Milho-verde	60	
Pepino	70	Dolomítico
Pimenta	70	Ca/Mg = 1
Pimentão	70	Ca/Mg = 1
Quiabo	70	Dolomítico
Repolho	70	Dolomítico
Tomate	70	Ca/Mg = 1
Herbáceas ornamentais	60	Dolomítico
Coqueiro	40-50	Dolomítico
Alpínias	50	Dolomítico

Continua...

**Tabela 3.** Continuação.

Cultura	Saturação por bases desejadas ( $V_2$ ) (%)	Exigente em calcário
Bastão-do-imperador	50	Dolomítico
Helicônias porte alto	50	Dolomítico
Sorvetão ( <i>xampu</i> )	50	Dolomítico
Citrus	70	Dolomítico
Maracujazeiro	70	Dolomítico
Musáceas	70	Dolomítico
Azálea	50	Dolomítico
Cravo	70	Dolomítico
Gadíolos	70	Dolomítico
Roseira	70	Dolomítico
Crisântemo	70	Dolomítico
Gramado	60	Dolomítico
Arbustivas ornamentais	60	Dolomítico
Arbóreas ornamentais	50	Dolomítico

Fonte: Lopes e Guilherme (1990).

do, e a outra metade distribuída a lanço e incorporada com a grade. A aplicação deve ser realizada com 90 dias de antecedência ao plantio.

O calcário calcítico ( $\text{CaCO}_3$ ) é mole e reage facilmente com os ácidos fracos do solo. Já o calcário dolomítico é ligeiramente mais duro e não reage tão rapidamente em presença de ácidos.

Prado et al. (2004) mostraram que a melhor incorporação de calcário em profundidade foi realizada com a utilização de grade aradora superpesada (14 discos de 0,86 m), seguida de grade niveladora, proporcionando a maior uniformidade e profundidade de incorporação, com neutralização da acidez do solo até 0,30 m de profundidade. Esses mesmos autores encontraram

desempenho satisfatório usando arado de disco (4 discos de 0,66 m) e grade niveladora, atingindo até 0,20 m de profundidade na incorporação. Entretanto, também mostraram que foi inadequada a incorporação de calcário com grade aradora pesada (14 discos de 0,86 m) e grade niveladora (60 discos de 0,56 m).

## Adubação

A fertilidade do solo é um requisito básico para alta produção e bom lucro. Essa fertilidade deve ser reforçada para manter a disponibilidade de nutrientes nas plantas e produzir colheitas abundantes.

Para adubar flores e plantas ornamentais é necessário recorrer aos fertilizantes químicos e orgânicos, devendo as recomenda-

ções estejam baseadas na análise química do solo.

As recomendações de adubação foram adaptadas e modificadas, tomando como base a quinta aproximação do uso de corretivos e fertilizantes da comissão de fertilidade do solo (Ribeiro et al., 1999), as recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará (Cravo et al., 2007) e as condições climáticas da região amazônica.

A Tabela 4 contém os fatores de conversão de N, P e K em fertilizantes químicos.

As Tabelas 5 a 19, nas seções a seguir, contêm recomendações de nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) e de potássio ( $K_2O$ ), para diferentes culturas com potencial florístico e ornamental. Esses valores devem ser transformados em fontes de adubo comercial. Para tanto, as recomendações de adubação devem ser multiplicadas pelos fatores de conversão apresentados na Tabela 4. Cada produto tem seu fator de correção correspondente.

## **Adubação de abóboras ornamentais**

A Tabela 5 alerta para recomendação sobre adubação química para abóbora (Figura 17) e melancia, baseada na análise físico-química do solo.

Como recomendação de adubação orgânica, devem-se adicionar duas pás/cova de esterco de curral ou uma pá/cova de cama de aviário. É importante ter-se em mente que o esterco precisa ser curtido.

Na adubação de base, deve ser colocado todo o P recomendado; 30% do N e 40% do K. Na adubação de cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelados

em duas vezes, aos 30 e aos 44 dias após a semeadura<sup>1</sup>.

Como fonte de cálcio e de magnésio solúvel, devem ser aplicadas duas coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 37 e aos 51 dias após a semeadura.

Por sua vez, as pulverizações devem ser feitas semanalmente, com cal hidratada na dosagem de 80 g por 20 L de água. Para isso, mistura-se a cal com 3 L de água, num balde plástico, esperando-se 1 minuto até a borra assentar no fundo do balde. Em seguida, derrama-se a solução dentro do pulverizador, tendo-se o cuidado para que a borra não entre no pulverizador, vindo a entupir o bico.

## **Adubação de alpinias**

A Tabela 6 contém a recomendação de adubação química para alpinias (Figura 18) baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem ser colocadas duas pás de esterco por cova, todo o P (recomendado, 40% de N e 40% de K.

Na cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelados em cinco vezes, sendo aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca e de Mg, devem ser aplicadas três coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 60, 120, 180 após plantio.

Devem-se fazer pulverizações mensais com cal hidratada, na dosagem de 80 g/20 L de água.

<sup>1</sup> Não se devem aplicar adubações de cobertura com N e K junto com as aplicações de Ca, pois esses dois primeiros elementos inibem a sua absorção.



**Tabela 4.** Conversão de elementos em fertilizantes comerciais.

Elemento	Fator	Para obter o equivalente em:
Nitrogênio	5,00	Sulfato de amônio (20%)
	4,17	Cloreto de amônio (24%)
	3,03	Nitrato de amônio (33%)
	5,00	Nitrocálcio comum (20%)
	3,70	Nitrocálcio concentrado (27%)
	6,25	Salitre do chile (16%)
	7,14	Salitre do chile duplo potássico (14%)
	2,22	Ureia (45%)
	9,09	Monoamônio fosfato (11%)
	5,55	Diamônio fosfato (18%)
	1,22	Amoníaco anidro (82%)
	4,54	Amonia líquida (22%)
	20,00	Esterco bovino (5%)
Potássio	1,67	Cloreto de potássio (60%)
	2,00	Sulfato de potássio (50%)
	3,85	Sulfato de potássio e de magnésio (26%)
	7,14	Salitre duplo potássico (14%)
	20,00	Esterco bovino (5%)
	10,00	Cinzas (10%)
Fósforo	5,55	Superfosfato simples (18%)
	3,33	Superfosfato - 30 (30%)
	2,22	Superfosfato duplo, triplo (43%)
	16,67	Fosfato de Araxá (6%)
	9,09	Hiperfosfato (11%)
	14,28	Fosforita de Olinda (7%)
	4,00	Farinha de ossos (25%)
	5,55	Termofosfatos (18%)
	6,67	Escória de Thomas (15%)
	2,17	Diamônio fosfato (46%)
	3,33	Fosfato natural de Gafsa (30%)
	3,30	Fosfato natural de Arad (33%)
	40,00	Esterco bovino (2,5%)
	40,00	Cinzas (2,5%)

**Tabela 5.** Recomendação de adubação para abóbora e melancia.

Disponibilidade de P ou K	Textura do solo			K <sub>2</sub> O (kg/ha)	N (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			
Baixa	80	60	50	70	20
Média	60	50	40	50	20
Alta	40	30	30	30	20

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

Foto: Jorge Segovia

**Figura 17.** Abóboras ornamentais e comestíveis.

Foto: Jorge Segovia

**Figura 18.** *Alpinia purpurata* – variedade cor-de-rosa.**Tabela 6.** Recomendação de adubação para alpinias.

Época	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N (g/touceira)
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/touceira)			K <sub>2</sub> O (g/touceira)				
1º ano	45	20	7	250	110	40	180
2º ano	45	20	7	350	150	50	250
3º ano	45	20	7	400	190	60	300

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

## Adubação do bastão- -do-imperador

A Tabela 7 contém recomendação de adubação para bastão-do-imperador (Figura 19), baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem ser colocadas duas pás de esterco por cova; todo o P recomendado; 40% de N e 40% de K. Na adubação de cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelados em cinco vezes, aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca e de Mg, devem ser aplicadas três coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 60, 120, 180 após plantio.

Deve-se, também, fazer pulverizações mensais com cal hidratada na proporção de 80 g por 20 L de água.

### Exercício de adubação

- Adubar 1 ha de bastão-do-imperador.
- 1 ha = 10.000 m<sup>2</sup>.
- Espaçamento: 2,5 m x 1,25 m = 3,125 m<sup>2</sup>.
- 10.000 m<sup>2</sup>/3,125 m<sup>2</sup> = 3.200 plantas/ha.
- N (nitrogênio) = 100 g de N por touceira.
- 100 g de N x 3,7 (nitrato de cálcio concentrado) = 370 g.
- 370 g de nitrato de cálcio por touceira.
- 40% = 40 x 370 g/100 = 148 g de nitrato de cálcio (aplicar na cova).
- 60% = 60 x 370 g/100 = 222 g/5 parcelas = 44,4 g = 45 g por parcela.
- P (fósforo) = 45 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por touceira.
- 45 g x 3,3 g (fosfato de Arad) = 148,5 g = 150 g (aplicar na cova).



Foto: Jorge Segovia

**Figura 19.** Bastão-do-imperador vermelho (*Etlingera elatior*).

**Tabela 7.** Recomendação de adubação referente a bastão-do-imperador.

Época	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N (g/touceira)
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/touceira)			K <sub>2</sub> O (g/touceira)			
1º ano	45	20	10	300	150	80	100
2º ano	45	20	10	400	200	100	250
3º ano	45	20	10	450	250	120	300

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

- K (potássio) = 300 g de  $K_2O$  por touceira.
- 300 g de  $K_2O$  x 2,0 (sulfato de potássio) = 600 g de sulfato de potássio.
- 40% =  $40 \times 600/100 = 240$  g de sulfato de potássio (aplicar na cova).
- 60% =  $60 \times 600/100 = 360$  g/5 parcelas = 72 g de sulfato de potássio por parcela.

Aplicar na cova:

- 1 a 2 pás de esterco curtido ou de composto orgânico.
- 150 g de fosfato de Arad.
- 148 g de nitrato de cálcio (40%).
- 240 g de sulfato de potássio (40%).

Aplicar em cobertura:

- 30 dias: 45 g de nitrato de cálcio + 72 g de sulfato de potássio.
- 60 dias: 20 g de cal hidratada.

- 90 dias: 45 g de nitrato de cálcio + 72 g de sulfato de potássio.
- 120 dias: 20 g de cal hidratada.
- 150 dias: 45 g de nitrato de cálcio + 72 g de sulfato de potássio.
- 180 dias: 20 g de cal hidratada.
- 210 dias: 45 g de nitrato de cálcio + 72 g de sulfato de potássio.
- 240 dias: 45 g de nitrato de cálcio + 72 g de sulfato de potássio.

### Adubação de bananeiras ornamentais

A Tabela 8 contém a recomendação de adubação química para bananeiras ornamentais (Figura 20), baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem-se colocar duas pás de esterco por cova. A adubação

**Tabela 8.** Recomendação de adubação para bananeiras ornamentais.

Teor de nutriente	Época					
	Plantio	2º mês	6º mês	9º mês	11º mês	2º ano em diante
<b>Nitrogênio (kg/ha)</b>	-	25	25	25	25	100
<b>Fósforo (kg/ha)</b>						
Baixo	40	-	-	-	-	40
Médio	30	-	-	-	-	30
Alto	20	-	-	-	-	20
<b>Potássio (kg/ha)</b>						
Baixo	-	-	150	150	150	450
Médio	-	-	100	100	100	100
Alto	-	-	50	50	50	150

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)



Foto: Jorge Segovia



**Figura 20.** Bananeiras ornamentais: *Musa acuminata* ssp. *zebrina* (Monyet).

de Ca e de Mg constará de três coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 90, 210 e 300 dias após plantio.

### Adubação para brássicas ornamentais

A Tabela 9 contém recomendação de adubação química para brássicas ornamentais (Figura 21), baseada na análise físico-química do solo.

**Tabela 9.** Recomendação de adubação para brócolis, couve e repolho.

Disponibilidade de P	Disponibilidade de K trocável		
	Baixo	Médio	Alto
	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O (g/planta)		
Baixo	2-30-15	2-30-12	2-30-9
Médio	2-20-15	2-20-12	2-20-9
Alto	2-10-15	2-10-12	2-10-9

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)



Fotos: Jorge Segovia

**Figura 21.** Brássicas ornamentais: brócolis roxo (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) (A); repolho ornamental (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*) (B).

Aplicar o N, o P e o K uma semana antes do plantio. Na adubação básica, devem-se acrescentar 3 g de bórax por planta.

Em cobertura, devem-se aplicar 12 g de N por planta, aos 15, 30 e 45 dias após transplante.

Quinzenalmente, devem-se fazer pulverizações foliares, com 5 g de molibdato de

sódio, 5 g de ureia, 20 g de bórax e 10 mL de espalhante adesivo, dissolvidos em 10 L de água.

Adubação de bromélias

A Tabela 10 contém recomendação de adubação química para *Ananas comosus* L. (Figura 22), baseada na análise físico-química do solo.

Tabela 10. Recomendação de adubação para *Ananas comosus* e *A. lucidus*.

Disponibilidade de P ou K	Época		
	2º mês após transplante	6º mês após transplante	9º mês após transplante
Nitrogênio (kg/ha)	75	85	90
Fósforo (kg/ha)			
Baixo	50	-	-
Médio	40	-	-
Alto	30	-	-
Potássio (kg/ha)			
Baixo	50	60	70
Médio	40	50	60
Alto	30	40	50

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

Fotos: Jorge Segovia



Figura 22. Bromélias: *Ananas lucidus* (A); *Guzmania lingulata* (B).

A adubação com Ca e Mg constará de duas coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 90 e aos 180 dias após o plantio.

O substrato para o transplante de bromélias epífitas em vaso deve constar de 250 cm<sup>3</sup> de mistura formada de casca de arroz carbonizada (100 cm<sup>3</sup>) e fibra de coco (150 cm<sup>3</sup>). Devem-se adicionar 2 g de farinha de osso. A quarta parte do vaso, localizada no fundo, deve ser preenchida com brita, de forma a se obter uma boa drenagem.

## Adubação de gengibre ornamental

Na Tabela 11, encontra-se a recomendação de adubação química para as espécies da família Zingiberaceae, conhecida popularmente como xampu, sorvetão ou maracá, baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem se colocar duas pás de esterco por cova, todo o P recomendado; 40% de N e 40% de K. Na adubação de cobertura, aplica-se o restante do N e do K parcelado em cinco vezes aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca e de Mg, devem ser aplicadas três coberturas de 20 g de cal hidratada aos 60, 120 e 180 dias após plantio.

Pulverizações mensais com cal hidratada na proporção de 80 g por 20 L de água.

## Exercício de adubação

- Adubar 1 ha de sorvetão – xampu (Zingiberaceae).
- 1 ha = 10.000 m<sup>2</sup>.
- Espaçamento: 2,0 m x 1 m = 2 m<sup>2</sup>.
- 10.000 m<sup>2</sup>/ 2 m<sup>2</sup> = 5.000 plantas/ha.
- Nitrogênio = 150 g N por touceira.
- 150 g N x 2,22 (ureia 45%N) = 330 g.
- 40% = 40 x 330 g/100 = 132 g de ureia (aplicar na cova).
- 60% = 60 g x 330 g/100 = 200 g/5 parcelas = 40 g de ureia por touceira.
- Fósforo = 45 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por touceira.
- 45 g x 2,22 (superfosfato triplo – 45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 99,9 g) = 100 g de superfosfato triplo por cova.

Aplicar tudo na cova:

- Potássio = 300 g K<sub>2</sub>O/ha.
- 300 g de K<sub>2</sub>O x 1,67 (cloreto de potássio – 60% K<sub>2</sub>O) = 500 g.

**Tabela 11.** Recomendações de adubação para gengibre ornamental (xampu).

Época	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N (g/touceira)
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/touceira)			K <sub>2</sub> O (g/touceira)			
1º ano	45	20	7	300	120	40	150
2º ano	45	20	7	400	170	60	250
3º ano	45	20	7	450	190	70	300

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

- $40\% = 40 \text{ g} \times 500 \text{ g}/100 = 200 \text{ g}$  de cloreto de potássio (aplicar na cova).
- $60\% = 60 \text{ g} \times 500 \text{ g}/100 = 300 \text{ g}/5$  parcelas = 60 g cloreto de potássio por touceira.

Aplicar na cova:

- De 1 a 2 pás de esterco curtido ou de composto orgânico.
- 100 g de superfosfato triplo.
- 132 g de ureia (40%).
- 200 g de cloreto de potássio (40%).

Aplicar em cobertura:

- 30 dias: 40 g de ureia + 60 g de cloreto de potássio.
- 60 dias: 20 g de cal hidratada.
- 90 dias: 40 g de ureia + 60 g de cloreto de potássio.
- 120 dias: 20 g de cal hidratada.
- 150 dias: 40 g de ureia + 60 g de cloreto de potássio.
- 180 dias: 20 g de cal hidratada.
- 210 dias: 40 g de ureia + 60 g de cloreto de potássio.
- 240 dias: 40 g de ureia + 60 g de cloreto de potássio

## Adubação de gladiólos

A Tabela 12 contém recomendação sobre adubação química para gladiólos (Figura 23), baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem-se colocar duas pás de esterco por cova, todo o P recomendado, 40% de N e 40% de K. Na de



Foto: Jorge Segovia

**Figura 23.** Gladiólos brancos (*Gladiolus* sp.).

cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelado em cinco vezes, aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca e de Mg, devem ser aplicadas três coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 60, 120, 180 dias após plantio. Pulverizações mensais com cal hidratada na proporção de 80 g por 20 L de água.

**Tabela 12.** Recomendação de adubação química para gladiólos.

Disponibilidade de P e K	Dose total (kg/ha)		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
Baixo	150	220	50
Médio	100	150	50
Alto	50	80	50

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)



## Adubação para gramados

A Tabela 13 contém recomendação de adubação química para gramados (Figura 24), baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem-se colocar duas pás de esterco por metro quadrado, todo o P recomendado; 40% do N e 40% do P.

Na adubação de cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelado em três vezes, aos 90, 150 e 240 dias após plantio.

## Adubação de helicônias

As Tabelas 14 e 15 contêm recomendação sobre adubação química para helicônias (Figura 25) de porte baixo e alto, respectivamente, com base na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, devem ser colocadas duas pás de esterco por cova, todo o P recomendado, 40% de N e 40% de K.

Na adubação de cobertura, deve ser aplicado o restante do N e do K, parcelado em cinco vezes, aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca e de Mg, devem-se aplicar três coberturas de 20 g de cal hidratada,

aos 60, 120, 180, após plantio, bem como pulverizações mensais com cal hidratada na proporção de 80 g por 20 L de água.

**Tabela 13.** Recomendação de adubação química para gramados.

Disponibilidade de P e K	Dose total (kg/ha)		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
Baixo	150	220	50
Médio	100	150	50
Alto	50	80	50

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)



Foto: Jorge Segovia

**Figura 24.** Grama esmeralda (*Zoysia japonica*).

**Tabela 14.** Recomendação de adubação para helicônias de porte baixo.

Época	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N (g/touceira)
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/touceira)			K <sub>2</sub> O (g/touceira)			
1º ano	40	20	10	200	100	50	150
2º ano	40	20	10	300	150	60	250
3º ano	40	20	10	300	150	60	300

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

**Tabela 15.** Recomendação de adubação para helicônias de porte alto.

Época	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			N (g/touceira)
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/touceira)			K <sub>2</sub> O (g/touceira)			
1º ano	45	20	10	300	150	30	150
2º ano	45	20	10	450	220	100	250
3º ano	45	20	10	450	220	100	300

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

Foto: Jorge Segovia

**Figura 25.** *Heliconia orthotricha*.

### Exercício de adubação de helicônia de porte baixo

- Adubar 0,1 ha de *Heliconia psittacorum*.
- 0,1 ha = 1.000 m<sup>2</sup> (50 m x 20 m).
- Espaçamento: 2,0 m x 1,0 m = 2 m<sup>2</sup>.
- 1.000 m<sup>2</sup>/2 m<sup>2</sup> = 500 plantas por 0,1 ha.
- Nitrogênio = 150 g de N por touceira.
- 150 g N x 5 (sulfato de amônio 20% N) = 750 g de sulfato de amônio.
- 40% = 40 g x 700 g/100g = 280 g de sulfato de amônio (na cova).
- 60% = 60 x 700 g/100 = 420 g de sulfato de amônio/5 parcelas = 84 g de sulfato de amônio por parcela.

- Fósforo = 40 g de  $P_2O_5$  por touceira.
- 40 g x 5 g de superfosfato simples – 18%  $P_2O_5$ ) = 200 g (aplicar na cova).
- Potássio = 200 g de  $K_2O$ /touceira.
- 200 g de  $K_2O$  x 1,67 (cloreto de potássio – 60%  $K_2O$ ) = 330 g de KCl.
- 40% = 40 x 330 g/100 = 132 g cloreto de potássio (na cova).
- 60% = 60 g x 330 g/100 = 200 g de cloreto de potássio/5 parcelas = 40 g de cloreto de potássio por touceira.

Aplicar na cova:

- 1 a 2 pás de esterco curtido ou de composto orgânico.
- 200 g de superfosfato simples.
- 280 g de ureia (40%).
- 132 g de cloreto de potássio (40%).

Aplicar em cobertura:

- 30 dias: 84 g de sulfato de amônio + 40 g de cloreto de potássio.
- 60 dias: 20 g de cal hidratada.
- 90 dias: 84 g de sulfato de amônio + 40 g de cloreto de potássio.
- 120 dias: 20 g de cal hidratada.
- 150 dias: 84 g de sulfato de amônio + 40 g de cloreto de potássio.
- 180 dias: 20 g de cal hidratada.
- 210 dias: 84 g de sulfato de amônio + 40 g de cloreto de potássio.
- 240 dias: 84 g de sulfato de amônio + 40 g de cloreto de potássio.

## Adubação de maracujá

A Tabela 16 contém recomendação sobre adubação química para maracujá (Figura 26), baseada na análise físico-química do solo.

Na adubação de base, deve-se colocar uma pá de esterco por cova e todo o P recomendado. Na adubação de cobertura, devem-se aplicar o N e o K parcelados em três vezes, aos 90, 150 e 210 dias após semeadura.

Como fonte de Ca e de Mg, devem-se aplicar três coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 60, 120, 180 dias após plantio.

**Tabela 16.** Recomendação de adubação para maracujá.

Disponibilidade de P e K	Dose total (kg/ha)		
	$P_2O_5$	$K_2O$	N
Baixo	60	90	70
Médio	40	60	70
Alto	20	30	70

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)



Foto: Jorge Segovia

**Figura 26.** Flor de maracujá (*Passiflora edulis*).

## Adubação de pimenta e pimentão ornamentais

A Tabela 17 contém recomendação sobre adubação química para pimenta e pimentão ornamentais (Figura 27).

Como recomendação de adubação orgânica, devem-se adicionar 25 t de esterco de curral ou 8 t de cama de aviário. Além disso, deve-se lembrar de que o esterco deve estar devidamente curtido.

Na adubação de base, deve-se colocar todo o P recomendado, 30% do N e 40% do K. Na adubação de cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelados em duas vezes, aos 30 e 44 dias após semeadura.

Como fonte de Ca, devem ser aplicadas duas coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 37 e aos 51 dias após semeadura<sup>2</sup>.

Devem-se aplicar pulverizações semanais com cal hidratada na dosagem de 80 g/20 L de água. Para tanto, num balde plástico, deve-se misturar cal a 3 L de água e deixar



Foto: Jorge Segovia

**Figura 27.** Pimenta ornamental (*Capsicum* sp.) em frutificação.

assentar a borra no fundo desse recipiente por 1 minuto. Em seguida, despeja-se a solução dentro do pulverizador, tendo-se o cuidado para que a borra não penetre neste, para se evitar entupimento do bico.

## Adubação de roseiras

A Tabela 18 contém recomendação de adubação química para roseiras (Figura 28).

**Tabela 17.** Recomendação de adubação para pimenta e pimentão ornamentais.

Disponibilidade de P e de K	Textura do solo			K <sub>2</sub> O (kg/ha)	N (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			
Baixa	300	250	200	240	150
Média	240	200	150	180	150
Boa	100	100	100	80	150

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

<sup>2</sup> Não se devem aplicar adubações de cobertura com N e K junto com aplicações de cal, pois esses dois primeiros elementos inibem a absorção de Ca.



**Tabela 18.** Recomendação de adubação química para roseiras.

Disponibilidade de P e K	Dose total (kg/ha)		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
Baixo	300	240	80
Médio	200	160	80
Alto	100	80	80

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

Foto: Jorge Segovia

**Figura 28.** Roseira (*Rosa grandiflora* Hort.).

Na adubação de base, deve-se colocar uma pá de esterco por cova, todo o P recomendado, 40% de N e 40% de K.

Na de cobertura, deve-se aplicar o restante do N e do K, parcelados em cinco vezes, aos 30, 90, 150, 210 e 240 dias após plantio.

Como fonte de Ca, devem ser aplicadas três coberturas de 20 g de cal hidratada aos 60, 120, 180 após plantio.

## Adubação de tomate ornamental

A Tabela 19 contém recomendação de adubação química para tomate de vaso (Figura 29), baseada na análise físico-química do solo.

Como recomendação de adubação orgânica, devem-se adicionar 25 t de esterco de curral ou 8 t de cama de aviário por hectare, lembrando que o esterco precisa estar devidamente curtido.

Na adubação de base, deve-se colocar todo o P recomendado; 30% do N e 40% do K. Na adubação de cobertura, aplica-se o restante do N e do K, parcelados em duas vezes, aos 30 e 44 dias após semeadura.

Como fonte de Ca, devem ser aplicadas duas coberturas de 20 g de cal hidratada, aos 37 e 51 dias após semeadura<sup>3</sup>.

As aplicações de pulverização devem ser feitas com cal hidratada, na dosagem de 80 g por 20 L de água. Para tanto, a cal deve ser misturada a 3 L de água, num balde plástico, deixando-se assentar a borra no fundo desse recipiente por 1 minuto. Em seguida, despeja-se a solução dentro do pulverizador, tendo-se o cuidado para que a borra não penetre neste, evitando-se o entupimento do bico.

## Preparo de fórmulas químicas à base de NPK

Para preparar misturas de NPK, em diversas concentrações, deve-se adotar a seguinte fórmula:

<sup>3</sup> Não se devem aplicar adubações de cobertura com N e K junto com as aplicações de cal, pois esses dois primeiros elementos inibem a absorção de Ca.

**Tabela 19.** Recomendação de adubação para tomate de vaso.

Disponibilidade de P e de K	Textura do solo			K <sub>2</sub> O (kg/ha)	N (kg/ha)
	Argilosa	Média	Arenosa		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			
Baixa	600	500	400	200	120
Média	500	400	300	150	100
Boa	400	300	200	100	80

Fonte: Adaptado de Cravo et al. (2005) e Ribeiro et al. (1999)

$$QFM = A \times B/C$$

Em que:

$QFM$  = quantidade de fertilizante a ser usado na mistura (kg).

$A$  = quantidade da mistura a ser preparada (kg).

$B$  = quantidade do elemento na mistura (%).

$C$  = quantidade do elemento no adubo (%).

### Exemplo 1

Preparar 100 kg de NPK 4-14-8, usando-se como fonte de N, ureia (45% N), de P, superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e de K, cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O):

$$QFM \text{ (ureia)} = 100 \times 4/45 = 8,88 = 9 \text{ kg.}$$

$$QFM \text{ (superfosfato simples)} = 100 \times 14/18 = 77,7 = 78 \text{ kg.}$$

$$QFM \text{ (cloreto de potássio)} = 100 \times 8/60 = 13,3 = 13 \text{ kg.}$$

Total = 100 kg de NPK 4-14-8 = 100 kg de mistura.

### Exemplo 2

Preparar 100 kg de NPK 10-10-10, usando como fonte de N, sulfato de amônio (21% N), como fonte de P, superfosfato triplo (45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de K, cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O):

$$QFM \text{ (sulfato de amônio)} = 100 \times 10/21 = 47,6 = 48 \text{ kg.}$$

$$QFM \text{ (superfosfato triplo)} = 100 \times 10/45 = 22,2 = 22 \text{ kg.}$$

$$QFM \text{ (cloreto de potássio)} = 100 \times 10/60 = 16,6 = 17 \text{ kg.}$$

= 87 kg de mistura.

Enchimento = 13 kg de areia.

Total = 100 kg de NPK 10-10-10.

### Conservação da fertilidade do solo

Para conservar o solo e manter sua produtividade, deve-se por em prática alguns pontos importantes:

- Respeitar a aptidão agrícola do terreno, ou seja, adequar a cultura ao conjunto das características do solo.

- Evitar queimadas (Figura 30) no preparo de área, pois destroem o solo e prejudicam sua fertilidade.
- Fazer análise físico-química do solo, para determinar a necessidade de correção da acidez e da adição necessária de nutrientes.
- Adotar rotação de culturas, buscando o equilíbrio nutricional (Figura 31).
- Tomar medidas que permitam o preparo adequado do solo e que evitem a compactação deste, com o preparo do terreno com a terra nem muito seca e nem



Foto: Jorge Segovia

**Figura 30.** Devem-se evitar queimadas, pois elas causam: emissão de  $\text{CO}_2$  (A); e degradam o solo e reduzem a fertilidade (B).



Foto: Jorge Segovia

**Figura 31.** Rotação de culturas com milho quebra o ciclo das pragas e aproveita melhor os nutrientes do solo.

molhada em demasia, evitando-se deixar o solo descoberto, já que o impacto das gotas da chuva sobre este causam desestruturação e compactação.

- Evitar ao máximo usar máquinas pesadas.
- Evitar o plantio de culturas anuais em terrenos muito inclinados.
- Não desmatar o alto dos morros nem as margens de rios, lagos e fontes de água.
- Fazer plantio em curvas de nível (Figura 32).

Foto: Jorge Segovia



**Figura 32.** Cultivo direcionado em curvas de nível (A); preparo do solo com enxada rotativa em curvas de nível para reduzir a erosão do solo (B).

## Fatores de conversão de nutrientes

Com base na análise de um solo do município de Macapá (Tabela 20), a seguir discriminado, as unidades de K ( $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ) e de P ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) serão transformadas em quilograma/hectare ( $\text{kg}/\text{ha}$ ), para que os resultados das análises de solos se tornem mais compreensíveis.

Inicialmente, o  $0,04 \text{ cmol}/\text{dm}^3$  de potássio ( $\text{K}^+$ ) serão transformados em  $\text{kg}/\text{ha}$ . Para tanto, inicialmente divide-se este valor por 2,55, obtendo-se a transformação em  $\text{g}/\text{dm}^3$ .

### Exemplo de transformação do potássio

$0,04 \text{ cmol}/\text{dm}^3$  de K / 2,5577 =  $0,015639 \text{ g}/\text{dm}^3$  de K

A seguir, multiplica-se este valor por 1.000, de forma a transformar esse valor em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ :

$0,015639 \text{ g}/\text{dm}^3 \times 1.000 =$   
 $15,639 \text{ mg}/\text{dm}^3$  de K

Em seguida, multiplica-se por 2 (2 milhões de  $\text{dm}^3/\text{ha}$ ), para transformar em  $\text{kg}/\text{ha}$  de K:

$15,639 \text{ mg}/\text{dm}^3$  de K  $\times 2 = 31,278 \text{ kg}/\text{ha}$  de K

Logo, multiplica-se este valor por 1,20461, para transformar o valor obtido em  $\text{kg}/\text{ha}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ :

$31,278 \text{ kg}/\text{ha}$  de K  $\times 1,20461 =$   
 $37,6779 \text{ kg}/\text{ha}$  de  $\text{K}_2\text{O}$

Como o cloreto de potássio (KCl) apresenta 60% de  $\text{K}_2\text{O}$ , para transformar em  $\text{kg}/\text{ha}$ , basta resolver a seguinte regra de três:

100 kg de KCl contém 60 kg de  $\text{K}_2\text{O}$

X kg de KCl contém 37,6779 kg de  $\text{K}_2\text{O}$

$X = 37,6779 \times 100/60 = 62,796 \text{ kg}/\text{ha}$  de KCl



## Exemplo de transformação do fósforo

$4 \text{ mg/dm}^3 \text{ de P} \times 2 \text{ (2.000.000 de dm}^3\text{/ha)} = 8 \text{ kg/ha de P}$

Logo, multiplica-se esse valor por 2,2914, para transformar o valor obtido em kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$

$8 \text{ kg/ha de P} \times 2,2914 = 18,3312 \text{ kg/ha de } \text{P}_2\text{O}_5$

Como o superfosfato simples apresenta 18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , para transformar em kg/ha de superfosfato simples, basta resolver a seguinte regra de três:

100 kg de superfosfato simples contém 18 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$

X kg de superfosfato simples contém 18,3312 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$

$X = 18,3312 \times 100/18 = 101,84 \text{ kg/ha de superfosfato simples}$

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

**NBR 10.004:** resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 1987.

BARBOSA, J. G.; BARBOSA, M. S.; MUNIZ, M. A.; GROSSI, J. A. S. Nutrição mineral e adubação de plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, v. 30, n. 24, p. 16-21, mar./abr. 2009.

BUNTING, B. T. **Geografia do solo**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 259 p.

BRASIL. Decreto nº 3.179 de 21 de setembro de 1999. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 22 set. 1999.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá

outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 1 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 13 fev. 1998.

CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 262 p.

D'ALMEIDA, M. L.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento Integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/Cempre, 2000. 370 p.

FLORES, R. A. **Produção de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos no Cerrado**: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FRANCISCO NETO, J. **Manual de horticultura ecológica**: guia de autossuficiência em pequenos espaços. São Paulo: Nobel, 1995.

GOMES, P. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel. 1970. 62 p.

HOMMA, A. K.O. Criando um preço positivo para o lixo urbano: a reciclagem e a coleta informal. In: SIMPÓSIO SOBRE A RECICLAGEM DE LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 137-145.

JARDIM, W. de F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998. DOI: 10.1590/S0100-40421998000500024.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: Anda/Potafos, 1989. 154 p.

LOPES, A. S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. rev. São Paulo: Anda, 1990. 22p. (Anda. Boletim técnico, 1).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; de OLIVEIRA, S. A.

**Avaliação do estado nutricional das plantas.**

Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

PEREIRA NETO, J. T. Gerenciamento de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte. **Revista Ciência e Ambiente**, n. 18, p. 42-52, 1999.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: Unicef, 1996. 56 p.

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. de M.; BRAGHIROLI, L. F. Efeitos da aplicação de calcário no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 145-149, 2004. DOI: 10.1590/S0100-29452004000100039.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**. São Paulo: Nobel, 1992.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos**

**e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG:

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RITAS, J. L.; MELIDA, J. L. **El diagnostico de suelos y plantas: metodos de campo y laboratorio**. 4. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1985. 368 p.

SILVA-SANCHES, S. S. **Cidadania ambiental: novos direitos no Brasil**. São Paulo: Humanitas, 2000. 203 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer, 1998. 792 p.

VAILATI, J. **Agricultura alternativa e comercialização de produtos naturais**. Botucatu: Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural, 1998. 71 p.

VILHENA, A. **Guia da coleta seletiva de lixo**. São Paulo: Cempre, 1999. 84 p.

WHITE, W. C.; COLLINS, D. N. **Manual de fertilizantes**. 2. ed. São Paulo: The Fertilizer Institute, 1980. 229 p.